

Attorney's Docket No. 33047/240187

PATENT

#5

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re: Kuoksa  
Appl. No.: 10/003,574  
Filed: October 24, 2001  
For: METHOD AND APPARATUS FOR  
CONTROLLING A CAUSTICIZING PROCESS

Confirmation No.: 5083

February 15, 2002

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

**SUBMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT**

Sir:

To complete the requirements of 35 U.S.C. § 119, enclosed is a certified copy of Finnish priority Application No. 991233, filed May 31, 1999.

Respectfully submitted,

*Cathy R. Moore*

Cathy R. Moore  
Registration No. 45,764

**Customer No. 00826**  
**Alston & Bird LLP**  
Bank of America Plaza  
101 South Tryon Street, Suite 4000  
Charlotte, NC 28280-4000  
Tel Charlotte Office (704) 444-1000  
Fax Charlotte Office (704) 444-1111  
CLT01/4519784v1

**CERTIFICATE OF MAILING**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner For Patents, Washington, DC 20231, on February 15, 2002

*Janet F. Moore*  
Janet F. Moore

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 11.10.2001



ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

Valmet Automation Inc.  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

991233

Tekemispäivä  
Filing date

31.05.1999

Kansainvälinen luokka  
International class

D21C

Keksinnön nimitys  
Title of invention

**"Menetelmä ja laitteisto kaustisointiprosessin säätämiseksi"**

Hakemus on hakemusdiaariin 11.07.2000 tehdyn merkinnän mukaan siirtynyt Neles Automation Networks Oy:lle ja 26.08.2001 Metso Paper Automation Oy:lle.

The application has according to an entry made in the register of patent applications on 11.07.2000 been assigned to Neles Automation Networks Oy and 26.08.2001 to Metso Paper Automation Oy.

Hakijan nimi on hakemusdiaariin 24.05.2001 tehdyn nimenmuutoksen jälkeen Metso Automation Networks Oy.

The application has according to an entry made in the register of patent applications on 24.05.2001 with the name changed into Metso Automation Networks Oy.

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kaila  
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1782/1995 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1782/1995 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FIN-00101 Helsinki, FINLAND				

## Menetelmä ja laitteisto kaustisointiprosessin säätämiseksi

Keksinnön kohteena on menetelmä kaustisointiprosessin säätämiseksi, johon kaustisointiprosessiin kuuluu sammutus, kaustisointi ja valkolipe-  
5 än valmistus, jolloin sammutuksessa käytetään sammutinta, johon johdetaan viherlipeää ja kalkkia, jolloin niistä muodostuu kalkkimaitoa.

Edelleen keksinnön kohteena on laitteisto kaustisointiprosessin säätämiseksi, johon kaustisointiprosessiin kuuluu sammutus, kaustisointi ja valkolipeän valmistus, jolloin sammutus tapahtuu sammuttimessa, johon on  
10 sovitettu johdettavaksi viherlipeää ja kalkkia siten, että niistä muodostuu kalkkimaitoa.

Kaustisointiprosessin tavoitteena on saattaa meesauunilta tuleva kalkki ja soodakattilalta tuleva viherlipeä reagoimaan oikeissa olosuhteissa ja sopivassa seossuhteessa siten, että tuloksena syntyy oikeanlaatuista valkolipeää ja meesaa eli kalsiumkarbonaattia  $\text{CaCO}_3$ . Kaustisointiprosessi voidaan  
15 jakaa kolmeen osaan eli sammutukseen, kaustisointiin ja valkolipeän valmistamiseen. Kaustisointiprosessin tärkein vaihe on kalkin syöttäminen sammuttin/lajitinyksikköön, jossa kalkin sammuminen tapahtuu ja kaustisointireaktio alkaa. Niinpä kaustisointiprosessia säädetäänkin tyypillisesti säätämällä sammuttimen toimintaa. Nykyään sammuttimen säätö perustuu kalkin ja viherlipe-  
20 än suhdesäätöön sekä sammuttimen ja viherlipeän lämpötilaerosäätöön. Suhdesäädöllä pyritään pitämään kalkin syöttö aina oikealla tasolla. Lämpötilaerosäädöllä pyritään kompensoimaan kalkin laadun tai määrän muutokset muuttamalla suhdetta lämpötilaeron muuttuessa. Tämä perustuu sammumisreakti-  
25 on eksotermisyyteen, eli kalkin laadun tai määrän muutokset näkyvät sammuttimen ja sammuttimeen tulevan viherlipeän lämpötilan eron muutoksena. Suhde tai lämpötilaero ei kuitenkaan kerro, mikä prosessin tila todellisuudessa on.

Erilaisilla automaattisilla titraattoreilla on pyritty edelleen parantamaan säätöä. Titraattori antaa luotettavaa tietoa viherlipeän ja kalkkimaidon  
30 koostumuksesta noin 10 minuutin välein. Tulosten perusteella voidaan muuttaa lämpötilaerosäädön tai suhdesäädön asetusta, jotta saavutettaisiin optimaalinen lopputuotteen laatu. Yleisin säädössä käytetty suure on valkolipeän kaustisiteetti eli natriumkarbonaatin konversio natriumhydroksidiksi, joka puolestaan on sellun keiton aktiivinen yhdiste.

35 Suhdesäätö on karkea säätö, joka toimii myötäkytkettynä viherlipeän virtaussäätimen kanssa. Joissakin säätöratkaisuissa automaattisen titraat-

torin antamien analyysitulosten perusteella vaikutetaan suoraan suhdesäädön  
asetusarvoon jonkin matemaattisen kaavan mukaan, jossa otetaan huomioon  
kaustisiteetti sammuttimen ja viimeisen kaustisointiastian jälkeen, viherlipeän  
laatu, yms. Muutos suhdesäädön asetusarvoon lasketaan aina titrauksen val-  
5 mistuessa.

Lämpötilaerosäätö suhdesäädön päällä tasaa lopputuotteen laatua,  
koska lyhyellä aikavälillä kalkin laadun tai määrän muutokset saadaan korjat-  
tua vaikuttamalla suhdesäätöön. Automaattisella titraattorilla ja lämpötilaero-  
säädöllä voidaan yhdistää epäjatkuva absoluuttimittaus ja jatkuva suhteellinen  
10 mittaus. Aikaisemmissa sovelluksissa titraattorin antamilla tuloksilla ja viherli-  
peän ja sammuttimen mittauksilla on jonkin matemaattisen kaavan avulla py-  
rity laskemaan sopiva lämpötilaeromuutos, jolla haluttu sammuttimen jälkei-  
nen kalkkimaidon kaustisiteetti ja/tai valkolipeän kaustisiteetti saavutetaan.  
Muutos lämpötilaeron asetusarvoon lasketaan aina titrauksen valmistuessa.  
15 Näille tunnetuille säätömenetelmille on yhteistä se, että säädössä sammutti-  
men jälkeinen kaustisointiaste pidetään koko säädön ajan vakiona.

Suurena ongelmana sammuttimen säädössä on kuitenkin viherlipe-  
än lämpötilan ja tiheyden vaihtelu säädöistä huolimatta. Viherlipeän tiheyden  
eli samalla kokonaistitrautuvan alkalien TTA ja lämpötilan muutoksen aiheutta-  
vat häiriöitä sammuttimen säädölle. TTA:n muutos vaikuttaa suoraan kemialli-  
seen tasapainoon kaustisointireaktiossa muuttaen sen kinetiikkaa ja samalla  
20 määräten kaustisiteetin teoreettisen maksimin yhdessä sulfiditeetin kanssa.  
Viherlipeän lämpötilan muutoksen antavat valheellisen tiedon lämpötilaero-  
säädölle, koska samat muutokset näkyvät sammuttimen lämpötilassa viivästy-  
neinä ja suodattuneina. Ne näkyvät siis lämpötilaerosäädölle virheellisesti laa-  
25 dun muutoksina.

Joskus kalkin fyysinen ja kemiallinen laatu on sellainen, että lämpö-  
tilaerosäädöstä ja kalkin tasaisesta syötöstä huolimatta ilmenee suuria hei-  
lahteluita lämpötilaerossa ja sitä kautta kaustisiteeteissa. Kalkin laadun muu-  
30 tokset syntyvät meesauunilla tai meesan syötössä kalkkisiiloon. Meesauunin  
tuotannonmuutokset, raaka-aineen vaihtelut, mekaaniset häiriöt, yms. saavat  
aikaan sen, että kalkin raekoko ja fyysinen sekä kemiallinen koostumus  
muuttuvat, jolloin sen sammumisominaisuudet, kaustinen voima ja virtausomi-  
naisuudet muuttuvat. Kalkkisiilon täyttöaste vaikuttaa kalkin pakkautuvuuteen,  
35 lämpötilaan ja käyttäytymiseen ruuvilla. Kalkin loppuessa tai siirryttäessä

käyttämään tuoretta, reaktiivista kalkkia lämpötilaero sammuttimella ja kaustisiteetit muuttuvat radikaalisti lyhyellä aikavälillä.

Edelleen ongelmana on kalkin syötön ongelmat, esimerkiksi siilon holvautuminen ja syöttöruuvien kulumisen aiheuttavat kalkin syöttöhäiriöitä, johon ei perinteellisin menetelmin ehditä tai voida vaikuttaa. Kalkin syöttölaitteiden kulumisen ja häiriöt sekä kalkin laadun muutokset aiheuttavat säätöjen epävakautta, häiriöitä ja hystereesiä, joka näkyy viiveenä kalkki/viherlipeä - suhteen muutoksesta lämpötilaeromuutokseen. Viive puolestaan aiheuttaa säädön värähtelyä ja huonontaa lopputuotteen laatua.

Vielä ongelmia aiheuttaa se, että automaattisten titrausten väli on minimissään 10 minuuttia ja käytännössä merkittävimmän mittauksen väliaika on yli 20 minuuttia. Lisäksi näytteenotosta titrauksen valmistumiseen kuluu aikaa useita minuutteja. Titrausten pitkä väli hidastaa kokonaissäätöä, koska muutokset lämpötilaerosäätöön voidaan tehdä vain titrauksen valmistuttua.

Edelleen ongelmia aiheuttavat prosessiviiveet. Esimerkiksi kalkin syötöstä sammuttimen jälkeiseen titraukseen kuluu aikaa minimissään puoli tuntia ja viimeisen kaustisointiastian jälkeiseen titraukseen kuluu aikaa tyypillisesti noin 3 - 4 tuntia. Viiveet aiheuttavat tunnetusti säädölle ongelmia, koska mitattuihin häiriöihin ja muutoksiin voidaan vaikuttaa sitä vähemmän, mitä kauemman aikaa niistä on kulunut.

Pitkät ja muuttuvat viiveet, viherlipeän laadun muutokset sekä kalkin laadun ja määrän muutokset tekevät lähes mahdottomaksi käyttää sekä sammuttimen että viimeisen kaustisointiastian jälkeistä kaustisiteettia aktiivisesti säätöön. Tunnetuissa menetelmissä on pyritty huomioimaan mitattujen ja titrattujen suureiden arvoja ja niiden muutoksia laskettaessa joko lämpötilaerosäädön tai suhdesäädön asetusarvon muutoksia.

Pelkästään suhdesäädön päälle rakennetussa titraattoria käyttävässä säädössä on se perusongelma, ettei se ota lainkaan huomioon muutoksia titrausten välillä. Titraattorin kunnosta riippuen joudutaan mittauksia suodattamaan tai jopa tuloksia hylkäämään, jos ne poikkeavat liiksi edeltävistä titrauksista. Yksittäisestä tuloksesta ei silti aina voida olla varmoja, onko se todellinen vai sisältääkö se prosessiolosuhteista tai titraattorista johtuvan poikkeaman. Säädöstä täytyy lisäksi tehdä hidas, koska suuret asetusarvon muutokset saattavat diskreetisti säädetyn prosessin nopeasti värähtelemän. Koska prosessissa on kulkuaika- ja mittausviiveitä, päädytään pelkästään diskreetillä säädöllä ennen pitkää tilanteeseen, jossa mittaus poikkeaa asetusarvosta niin

paljon, että korjaus on joko liian hidas tai saattaa prosessin värähtelemään  
asetusarvon molemmin puolin. Molemmissa tapauksissa laatu kärsii ja tuo-  
tantaa menetetään alhaisen kaustisiteetin tai valkolipeäsuotimen tukkeutumi-  
sen takia. Tämän lisäksi pätevät samat huomiot kalkin syötöstä ja kaustisitee-  
5 tin rajoituksesta kuin seuraavassa kappaleessa.

Lämpötilaeroon perustuvissa titraattoria käyttävissä sovelluksissa  
on päästy eroon säädön diskreettisyydestä, koska lämpötilaero indikoi lyhyen  
aikavälin suuretkin muutokset nopeasti ja reaaliajassa. Jäljelle jää vielä muu-  
tama seikka, joita ei ole otettu huomioon. Tunnetuissa sovelluksissa ei huomi-  
10 oida kalkin syötön ongelmia eikä varsinaisesti tuotantotason ja kaustisiteettien  
välistä kytkentää. Lisäksi niistä puuttuu varsinainen dynamiikka, joka mahdol-  
listaa säädön päälläolon lähes joka tilanteessa ilman operaattorin puuttumista  
asetusarvoihin tai säädön tilaan. Esimerkkinä voidaan mainita sovellukset, jot-  
ka vaativat kaustisiteetin asetusarvon muuttamista aina kun tuotantoa muute-  
15 taan.

Tämän keksinnön tarkoituksena on saada aikaan menetelmä ja  
laitteisto, joilla ainakin joitain edellä mainittuja ongelmia pystytään poistamaan.

Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, että  
kaustisointiprosessia säädetettäessä hyödynnetään kaustisointiprosessin aina-  
20 kin jotain osaa kuvaavaa mallia.

Edelleen keksinnön mukaiselle laitteistolle on tunnusomaista se,  
että laitteistoon kuuluu välineet kaustisointiprosessin säätämiseksi ainakin  
jotain kaustisointiprosessin osaa kuvaavaa mallia hyödyntäen.

Keksinnön olennainen ajatus on, että kaustisointiprosessia sääde-  
25 tään siten, että säädössä käytetään hyväksi kaustisointiprosessia ainakin  
osittain kuvaavaa mallia. Erään edullisen sovellutusmuodon ajatuksena on,  
että viherlipeän tiheyttä säädetään alkalianalysaattorilta saatavan TTA:n eli  
kokonaistitrautuvan alkalin mukaan. Tiheyden tavoitearvo lasketaan TTA:sta  
hyödyntäen sovitetta, jonka määrittämisessä hyödynnetään mallia. Erään toi-  
30 sen edullisen sovellutusmuodon ajatuksena on, että sammutinta säädetään  
sammuttimen ja viherlipeän lämpötilaeron perusteella siten, että lämpötilaero-  
säädön asetusarvoa korjataan kalkkimaidon kaustisiteettitavoitteen ja titrauk-  
sen eron perusteella. Kalkkimaidon kaustisiteettitavoite on valkolipeän kausti-  
siteetin ja tuotannosta riippuvan muuttujan erotus, joka saadaan mallista, joka  
35 antaa tilanteen mukaan muuttuvia arvoja. Erään kolmannen sovellutusmuodon  
ajatuksena on, että säädetään kalkki/viherlipeä -suhdetta siten, että korjaus

kalkki/viherlipeä -suhteeseen tehdään lämpötilaerosäädön kautta. Kun lämpötilaero poikkeaa tavoitteesta korjataan suhdetavoitetta vastakkaiseen suuntaan. Erään neljännen sovellutusmuodon ajatuksena on, että tuotannonmuutostilanteessa kalkki/viherlipeä -suhdetta muutetaan mallin perusteella.

- 5                   Keksinnön etuna on, että kaustisointiprosessissa saavutetaan aikaisempaa tasaisempi keittämön haluama valkolipeän laatu ja prosessi on itsevirittyvä. Edelleen keksintö mahdollistaa automaattisen ylösajon ja valkolipeän kaustisiteettitavoite voidaan määrittää automaattisesti tai käsin. Edelleen prosessi tunnistaa tietyt häiriötilanteet, tekee tarvittavat korjaukset ja suorittaa
- 10 ilmoitukset ja hälytykset. Edelleen etuna on, että pystytään estämään sammuttimen kiehumisen ja ylikalkitus. Tehtaan eri työvuorojen ajotavat saadaan yhtenäistettyä ja myös muutostilanteet saadaan hallittua hyvin. Samoin pystytään parantamaan meesan laatua ja siten saadaan parannettua meesauunin toimintaa. Viherlipeän tiheyttä säätämällä saadaan varmistettua viherlipeän ta-
- 15 sainen laatu.

Keksintöä selitetään tarkemmin oheisissa piirustuksissa, joissa kuvio 1 esittää kaavamaisesti kaustisointiprosessia ja siinä käytettävää erästä keksinnön mukaista säätöratkaisua,

- 20 kuvio 2 esittää kaaviota sovitteen laskemisesta, jota sovitetta käytetään muutettaessa TTA:ta tiheydeksi,

kuvio 3 esittää kaaviota kuviossa 2 esitetyllä tavalla määritetyn sovitteen käytöstä,

kuvio 4 esittää kaavamaisesti kaustisointiprosessia ja siinä käytettävää erästä toista keksinnön mukaista säätöratkaisua,

- 25 kuvio 5 esittää käyrää, joka kuvaa kaustisiteettieron staattista mallia,

kuvio 6 esittää kaaviota lämpötilaerosäädön ja suhdesäädön tavoitteen korjauksesta ja

- 30 kuvio 7 esittää staattista mallia kalkki/viherlipeä -suhteen muutoksesta tuotannonmuutostilanteessa.

- Kaustisointiprosessi voidaan jakaa sammutukseen 1, kaustisointiin 2 ja valkolipeän valmistukseen 3. Sammutuksessa sammuttimeen 4 syötetään kalkkia eli kalsiumoksidia  $\text{CaO}$  kalkkisäiliöstä 9 ja viherlipeää, jolloin niistä muodostuu kalkkimaitoa. Kalkin sammutuksella tarkoitetaan kalsiumoksidin
- 35  $\text{CaO}$  ja viherlipeän joukossa olevan kuumen veden  $\text{H}_2\text{O}$  reagoimista keske-

nään, jolloin reaktiossa syntyy kalsiumhydroksidia  $\text{Ca(OH)}_2$  sekä lämpöä. Kaavan muodossa reaktio voidaan esittää seuraavasti:

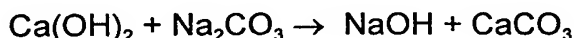


5

Sammutin 4 ja lajitin 5 on yhdistetty toisiinsa aukoilla, joista kalkkimaito virtaa lajittimeen 5. Lajittimessa 5 kalkkimaito sekoittuu sinne suoraan johdettuun viherlipeään, josta on seurauksena hiekan ja sammuttamattoman kalkin erottuminen kalkkimaidosta ja epäpuhtauksien laskeutuminen lajittimen 5 pohjaan. Lajittimen 5 koneisto siirtää pohjalle laskeutuneen sakan ylöspäin ja kalkkimaito virtaa kaustisointiin 2.

Kaustisoinnilla 2 tarkoitetaan sammutetun kalkin  $\text{Ca(OH)}_2$  ja viherlipeän joukossa olevan natriumkarbonaatin  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  reagoimista keskenään, jolloin reaktiossa muodostuu natriumhydroksidia  $\text{NaOH}$  ja meesaa eli kalsiumkarbonaattia  $\text{CaCO}_3$ . Kaavan muodossa reaktio voidaan esittää seuraavasti:

15



Kaustisointireaktion käynnistyy välittömästi, kun sammutuksessa on muodostunut kalsiumhydroksidia ja jatkuu, kunnes se on saavuttanut tietyn tasapainon. Tasapainon saavuttaminen vaatii aikaa, joka saattaa olla jopa muutamia vuorokausia. Tehdasmittakaavassa tyydytään kaustisointisäiliöt 6 mitoittamaan 1,5 - 3,0 h viipymälle riippuen millaista valkolipeän valmistusmenetelmää käytetään. Tavoitteena on saavuttaa tuotettavassa valkolipeässä yli 80 %:n kaustisointiaste. Kaustisointireaktio tapahtuu pääasiassa sarjaan kytetyissä kaustisointisäiliöissä 6. Kaustisointisäiliöt 6 on varustettu sekoittimella, joka estää meesan laskeutumisen. Kaustisoinnissa 2 kalkkimaito virtaa lajittimesta 5 ensimmäiseen kaustisointisäiliöön 6 ja sitten seuraavaan jne. Tyypillisesti kaustisointisäiliöitä 6 on kolme kappaletta. Viimeisestä kaustisointisäiliöstä 6 kalkkimaito virtaa valkolipeän valmistukseen 3.

30

Valkolipeän valmistuksessa 3 meesa erotetaan vedestä ja siihen liuonneista alkaleista yli + 70 C:een lämpötilassa. Meesa voidaan erottaa valkolipeästä mekaanisin keinoin esimerkiksi selkeyttämällä tai suodattimella 7. Kaustisointiprosessi on alan ammattimiehelle sinänsä täysin tunnettu, eikä sitä sen vuoksi ole tässä yhteydessä sen tarkemmin selitetty.

35



Kuviossa 1 on esitetty viherlipeän tiheyden säätö keksinnön avulla. Tässä kuviossa on sammuttimen säädöt esitetty ainoastaan viitteellisesti ja kyseiset säädöt on täsmällisemmin selitetty kuvion 4 yhteydessä. Viherlipeän tiheyttä D säädetään säätämällä tiheyssäätimellä DC viherlipeän sekaan syötettävän heikon valkolipeän määrää. Edelleen viherlipeän tiheyttä säädetään kokonaistitrautuvan alkalin TTA mukaan. Alkalianalysaattori 8 mittaa viherlipeän TTA:n  $TTA_1$ , ennen kaustisointia 2 olevan kalkkimaidon TTA:n  $TTA_2$  ja kaustisoinnin 2 jälkeen olevan kalkkimaidon TTA:n  $TTA_3$ .

TTA tavoitteista lasketaan tiheyden asetusarvo mallin avulla. Mallin laskentaan käytetään TTA:n ja tiheyden hetkellisarvoja tai pidemmän ajan keskiarvoja, esimerkiksi 8 tai 24 tunnin keskiarvoja prosessin ja titraattorin tilan mukaan. Viherlipeän tiheyttä D säädetään siis alkalianalysaattorilta 8 saatavan TTA:n mukaan. Kun tietty kaustisointilinja esimerkiksi ajetaan ylös tai automaatiomoduli jostakin syystä päivitetään, talletetaan muistiin tiheys D aina kun uusi viherlipeän titraus valmistuu. Viherlipeän TTA:sta ja hetkellisestä tiheydestä lasketaan sovite eli offset, jota käytetään tiheyden muuttamiseksi TTA:ksi ja päin vastoin. Kyseisen offsetin laskenta on esitetty kuvion 2 esittämässä kaaviossa. Kun virtaus on ollut riittävä ja titrauksia on tullut säännöllisesti esimerkiksi 8 tunnin ajan, käytetään mallissa 8 tunnin keskiarvoja kyseisistä suureista. Edelleen kun virtaus on ollut riittävä ja titrauksia tullut säännöllisesti esimerkiksi 24 tunnin ajan, käytetään mallissa 24 tunnin keskiarvoja kyseisistä suureista. Esitetyt ajat ovat vain esimerkkejä ja mallissa voidaan käyttää myös jonkin muun ajan keskiarvoja, mikä aika voi siten olla mikä tahansa esimerkiksi väliltä 1 - 40 tuntia.

TTA-analyysituloksia saadaan tehtaan työvuoron aikana esimerkiksi 1 - 20, tyypillisesti 2 - 4, kappaletta riippuen alkalianalysaattorin 8 titraussekvenssistä. Sovite lasketaan pidemmältä, kuten 1 - 40 tunnin, esimerkiksi 8 tai 24 edeltävän tunnin ajalta ja se päivittyy koko ajan. Sovitteen avulla jatkuvasta suodatetusta tiheysmittauksen arvosta lasketaan jatkuva TTA. Tiheyden muuttamisessa TTA:ksi kaava on:

$$TTA = kk * D - os,$$

missä TTA on viherlipeän kokonaisalkali,

kk on kulmakerroin,

D on viherlipeän tiheys ja

os on laskennallinen sovite eli offset.

TTA muutetaan tiheydeksi vastaavasti seuraavan kaavan avulla:

$$D = (TTA + os) / kk.$$

5

Mallissa käytetään vakiokulmakerrointa  $kk$ , jonka arvo on välillä 0,9 - 1,4, kun TTA:lla ja tiheydellä käytetään samaa yksikköä (esimerkiksi g/l). Edullisimmin kulmakertoimen  $kk$  arvo on noin 1,12. Käytettäessä eri yksiköitä kulmakerroin  $kk$  luonnollisesti muuttuu vastaavalla tavalla ja laadutetaan siten, että kulmakertoimen arvo on nolasta poikkeava.

Kuviossa 3 on esitetty sovitteen käyttö tiheyden tavoitteen, jatkuvan TTA:n ja kaustisiteetin teoreettisen maksimin laskentaan. Edelleen kuviossa 3 on esitetty myös TTA-säädön toiminta. Sääto toimii siten, että TTA:lle annetaan tavoite, joka muutetaan tiheyden asetusarvoksi. Jatkuva TTA saadaan viherlipeän tiheyden  $D$ , offsetin  $os$  ja kulmakertoimen  $kk$  avulla. Kyseisen arvon ja valkolipeän sulfiditeetin perusteella pystytään laskemaan maksimi teoreettinen kaustisiteetti esimerkiksi Goodwinin käyrän sovitteella.

Kaustisiteetti  $CE\%$  kuvaa hydradoituneen kalsiumkarbonaatin ja reaktioon osallistuvan kokonaiskalsiumkarbonaatin suhdetta ja se on kaavan muotoon esitettyä seuraava:

$$CE\% = \frac{NaOH}{NaOH + Na_2CO_3} * 100$$

25

Kuviossa 4 on esitetty kaustisointiprosessi ja sen yhteydessä tarkemmin keksinnön mukainen sammuttimen säätö alkalianalysaattorin 8 avulla. Lämpötilaerosäätöä varten mitataan viherlipeän lämpötila  $T1$  ja sammuttimen lämpötila  $T2$  ja lämpötilaeron perusteella säädetään kalkin ja viherlipeän suhdetta  $CaO/SL$  säätämällä kalkin syöttöä säätämällä välinettä 10 syötettävän kalkin määrän säätämiseksi. Lämpötilaerosäädön asetusarvoa korjataan suodatetun tai keskiarvotetun kalkkimaidon kaustisiteettitavoitteen ja kaustisiteettititrauksen tai -titrausten eron perusteella. Kalkkimaidon kaustisiteettitavoite riippuu pääosin tuotantotasosta sekä valkolipeän kaustisiteetin asetusarvosta ja valkolipeän titrauksista. Valkolipeän kaustisiteetin asetusarvon määrää operaattori. Tuotantotaso määrää valkolipeän ja kalkkimaidon kaustisiteettien

35

eron. Varsinainen kalkkimaidon kaustisiteettitavoite on siten valkolipeän kaustisiteetin ja tuotannosta riippuvan muuttujan erotus. Tämä erotus saadaan mallista, joka viritetään tuotantolinjakohtaisesti. Kuviossa 5 esitetty käyrä kuvaa erästä edullista esimerkkiä kaustisiteettieron staattisesta mallista. Kyseinen staattinen malli kuvaa sammuttimen jälkeisen kaustisiteetin kehittymistä valkolipeän kaustisiteetiksi. Viherlipeän virtausta  $F$  säädetään virtaussäätimellä  $FC$ , josta johdetaan tieto kaustisiteetin lämpötilaeron asetusarvon määrittämiseksi ja kalkin syöttöön. Valkolipeän kaustisiteettitavoite ja tuotantotaso määräävät kalkkimaidon kaustisiteettitavoitteen. Valkolipeän kaustisiteetilla korjataan lopullinen kaustisiteettitaso kohdalleen. Lämpötilaerotavoitetta korjataan kalkkimaidon kaustisiteettierolla.

Kaustisiteettieron staattista mallia korjataan dynaamisesti vertaamalla valkolipeän ja kalkkimaidon kaustisiteettien erotusten keskiarvoja sekä tuotannon keskiarvon mukaista edellä mainitun mallin antamaa eroa. Näiden osamäärällä kerrotaan mallin antama ero, jolloin saadaan säädölle asetusarvo, joka vastaa paremmin sen hetkistä tilannetta. Tällä on tarkoitus ajaa valkolipeän kaustisiteetin keskiarvo tavoitteeseen. Korjauskerroin lasketaan pidemmän ajan, kuten 2 - 40 tunnin, esimerkiksi 8 tai 24 tunnin, keskiarvoista sen mukaan, kuinka kauan viherlipeän virtaus on ollut riittävä ja kuinka kauan on kulunut edellisestä titrauksesta. Korjaukselle on asetettu minimi ja maksimiarvot. Korjaus lämpötilaeroon lasketaan suodatetun tai keskiarvotetun kalkkimaidon kaustisiteettitavoitteen ja analyysituloksen erotuksen avulla. Erotus suodatetaan ja kerrotaan kiinteällä parametrillä, jonka jälkeen se lisätään lämpötilaerotavoitteeseen, mikäli tietyt prosessi- ja tilaehdot täyttyvät. Ehtoja ovat mm. titraattorisäätö päällä, kalkkimaidon titraus suoritettu, titrausarvo sallitulla alueella, muutos edelliseen sallitulla alueella, viivästetty ja suodatettu lämpötilaeroarvo suhteessa kaustisiteettieroon tietyllä alueella. Näistä ehdoista osa on esitetty kuviossa 6. Lämpötilaerosäädön tavoite on rajoitettu siten, että minimi on 0 C ja maksimi on 0,5 C alle sammuttimen teoreettisen kiehumispisteen. Edellä kuvattu malli voidaan tehdä myös suoraan dynaamisesti vertailemalla valkolipeän ja kalkkimaidon kaustisiteetteja.

Korjaus kalkki/viherlipeä eli  $CaO/SL$  -suhteeseen tehdään lämpötilaerosäädön kautta. Tämä edellyttää, että sammutinta ohjataan sekä  $CaO/SL$  -suhteella että lämpötilaerolla. Kun lämpötilaero poikkeaa tavoitteesta, korjataan suhdetavoitetta vastakkaiseen suuntaan. Haluttaessa  $CaO/SL$ -säätö voidaan myös rakentaa niin, että ohitetaan lämpötilaerosäätö.

Alkalianalysaattorilta 8 saatavia titraustuloksia käytetään lämpötila-  
 eron asetusarvon muuttamiseen, sekä myös suoraan suhdesäädön asetusar-  
 von korjaukseen. CaO/SL-suhteeseen puututaan tuotannonmuutoksen yhtey-  
 dessä ja silloin, kun kalkkimaidon kaustisiteetti tai lämpötilaero on sallitun alu-  
 5 een ulkopuolella.

Tuotannonmuutostilanteessa viiveet muuttuvat ja tämä täytyy ottaa  
 vastaan kalkki/viherlipeä -suhdetta muuttamalla. Näin päästään nopeammin  
 oikealle kaustisiteettialueelle. Tuotantoa muutettaessa suhdetta muutetaan  
 samaan suuntaan, jolloin tavoitteena on saada yhtä suuri muutos kalkin syöt-  
 10 töön kuin mitä viherlipeän virtauksen suhteellinen muutos on. Suhdemuutok-  
 sen malli tuotannonmuutostilanteessa on esitetty kuvion 7 kuvaamalla käyräl-  
 lä.

Kalkkimaidon kaustisiteettititrauksen ja kaustisiteettitavoitteen ero  
 aiheuttaa kalkki/viherlipeä -suhteeseen muutoksen vastakkaiseen suuntaan.  
 15 Kun ero ylittää sallitun ylärajan, tehdään suhdesäädön asetukseen edellistä  
 suurempi muutos alaspäin eron suhteessa. Tällä pyritään välttämään ylikalki-  
 tusta. Eron ollessa alarajan alapuolella korjataan asetusta ylöspäin - tosin pie-  
 nemmällä kertoimella kuin päinvastaisessa tilanteessa. Titrausta myös suo-  
 datetaan siten, että säätöön hyväksytään arvot kaustisiteettivälillä, jonka ala-  
 20 raja on vakio ja yläraja esimerkiksi 2,5 kaustisiteetti%:a tavoitteen yläpuolella.  
 Lisäksi kalkki/viherlipeä -suhdetta lasketaan vakiomäärä aina, kun kaksi pe-  
 rättäistä titrausta on ollut hyväksymisrajan ylärajan yläpuolella säädön ollessa  
 päällä. Periaate on esitetty kuviossa 6.

Kun lämpötilaero poikkeaa tavoitteesta liian paljon, puututaan kalk-  
 25 ki/viherlipeä -suhteeseen ohi lämpötilaerosäätimen. Tällöin suhdetta muute-  
 taan lämpötilaeroa vastakkaiseen suuntaan suorassa suhteessa poikkeaa-  
 maan. Muutoksen jälkeen seuraa 20 minuutin tauko, jona aikana muutos sa-  
 maan suuntaan ei ole mahdollinen, vaikka lämpötilaero pysyisi rajan ylä- tai  
 alapuolella. Tauon jälkeen tehdään jälleen muutos, mikäli lämpötilaero poikke-  
 30 aa edelleen tavoitteesta. Muussa tapauksessa jatketaan perussäädön avulla.  
 Mikäli ero poikkeaa ensin alaspäin ja heti ylöspäin yli sallitun tai päin vastoin,  
 on muutos vastakkaiseen suuntaan sallittu ilman taukoja.

Piirustukset ja niihin liittyvä selitys on tarkoitettu vain havainnollis-  
 tamaan keksinnön ajatusta. Yksityiskohdiltaan keksintö voi vaihdella patentti-  
 35 vaatimusten puitteissa. Kuvioiden lohkokaavioiden lohkot kuvaavat myös lait-  
 teita, joilla lohkon määrittämä toiminta voidaan suorittaa.

## Patenttivaatimuks t

1. Menetelmä kaustisointiprosessin säätämiseksi, johon kaustisointiprosessiin kuuluu sammutus (1), kaustisointi (2) ja valkolipeän valmistus (3),  
5 jolloin sammutuksessa (1) käytetään sammutinta (4), johon johdetaan viherlipeää ja kalkkia, jolloin niistä muodostuu kalkkimaitoa, t u n n e t t u siitä, että kaustisointiprosessia säädettäessä hyödynnetään kaustisointiprosessin ainakin jotain osaa kuvaavaa mallia.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, 10 että kaustisointiprosessia säädettäessä hyödynnetään sammutinta (4) kuvaavaa mallia.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sammutinta (4) säädetään sammuttimen lämpötilan (T2) ja viherlipeän lämpötilan (T1) eron perusteella siten, että lämpötilaerosäädön asetusarvoa 15 korjataan kalkkimaidon kaustisiteettitavoitteen ja kaustisiteettititrauksen tai titrausten eron perusteella, jolloin kaustisiteetin asetusarvo määritetään pääosin mallista, joka kuvaa sammuttimen (4) jälkeisen kaustisiteetin kehittymistä valkolipeän kaustisiteetiksi.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, 20 että kyseinen malli on staattinen ja että se on olennaisesti kuvion 5 mukaisen käyrän tyyppinen.

5. Patenttivaatimuksen 3 tai 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kyseistä staattista mallia korjataan laskemalla valkolipeän ja kalkkimaidon kaustisiteettien erotusten keskiarvon sekä tuotannon keskiarvon 25 mukaisen edellä mainitun mallin antaman eron osamäärä ja kertomalla kyseisellä osamäärällä mallin antama ero.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että keskiarvo lasketaan 2 - 40 tunnin ajalta.

7. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, 30 että kyseinen malli on dynaaminen.

8. Jonkin patenttivaatimuksen 3 - 7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että säädetään kalkki/viherlipeä -suhdetta siten, että tehdään korjaus kalkki/viherlipeä -suhteeseen lämpötilaerosäädön kautta siten, että lämpötilan poiketessa tavoitteesta korjataan suhdetavoitetta vastakkaiseen 35 suuntaan.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että tuotannonmuutostilanteessa muutetaan kalkki/viherlipeä -suhdetta staattisen mallin perusteella.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kalkki/viherlipeä -suhdetta tuotannonmuutostilanteessa muuttava staattinen malli on olennaisesti kuviossa 7 esitetyn käyrän tyyppinen.

11. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että viherlipeän tiheyttä (D) säädetään kokonaistitrautuvan alkalin (TTA) mukaan siten, että

10 
$$D = (TTA + os) / kk,$$
 missä D on viherlipeän tiheys, TTA on viherlipeän kokonaistitrautuva alkali, os on sovite ja kk kerroin,  
15 jolloin sovite määritetään mallin perusteella.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sovite (os) määritetään viherlipeän TTA:sta ja viherlipeän hetkellisestä tiheydestä (D) mallin avulla, jossa käytetään kerrointa (kk).

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kerroin (kk) on vakiokulmakerroin, jonka arvo on välillä 0,9 - 1,4 silloin kun TTA:lla ja tiheydellä (D) käytetään samaa yksikköä.

14. Jonkin patenttivaatimuksen 11 - 13 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mallia tarkennetaan laskemalla mallissa käytettävien suureiden keskiarvoja.

25 15. Patenttivaatimuksen 14. mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kun viherlipeän virtaus on ollut riittävä ja titrauksia on tullut säännöllisesti 1 - 40 tunnin ajan käytetään mallissa 1 - 40 tunnin keskiarvoja halutuista suureista.

16. Laitteisto kaustisointiprosessin säätämiseksi, johon kaustisointiprosessiin kuuluu sammutus (1), kaustisointi (2) ja valkolipeän valmistus (3), jolloin sammutus (1) tapahtuu sammuttimessa (4), johon on sovitettu johdettavaksi viherlipeää ja kalkkia siten, että niistä muodostuu kalkkimaitoa, t u n n e t t u siitä, että laitteistoon kuuluu välineet kaustisointiprosessin säätämiseksi ainakin jotain kaustisointiprosessin osaa kuvaavaa mallia hyödyntäen.

35 17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että laitteisto on sovitettu hyödyntämään sammutinta (4) kuvaavaa mallia.

18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että laitteisto on sovitettu säätämään sammutinta (4) sammuttimen lämpötilan (T2) ja viherlipeän lämpötilan (T1) eron perusteella siten, että lämpötilaero-  
 5 säädön asetusarvo on sovitettu korjattavaksi kalkkimaidon kaustisiteettitavoitteen ja kaustisiteettititrauksen tai -titrausten eron perusteella siten, että kaustisiteetin asetusarvo on sovitettu määritettäväksi pääosin mallista, joka kuvaa sammuttimen (4) jälkeisen kaustisiteetin kehittymistä valkolipeän kaustisiteetiksi.

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että kyseinen malli on staattinen ja olennaisesti kuvion 5 mukaisen käyrän tyyppinen.

20. Patenttivaatimuksen 18 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että kyseinen malli on dynaaminen.

21. Jonkin patenttivaatimuksen 16 - 20 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että laitteistoon kuuluu välineet viherlipeän tiheyden (D) säätämiseksi kokonaistitrautuvan alkalin (TTA) mukaan siten, että

$$D = (TTA + os) / kk,$$

missä D on viherlipeän tiheys,

TTA on viherlipeän kokonaistitrautuva alkali,

20 os on sovite ja

kk kerroin,

jolloin sovite on sovitettu määritettäväksi mallin perusteella.

22. Patenttivaatimuksen 21 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että sovite (os) on sovitettu määritettäväksi viherlipeän TTA:sta ja viherlipeän  
 25 hetkellisestä tiheydestä (D) mallin avulla, jossa käytetään kerrointa (kk).

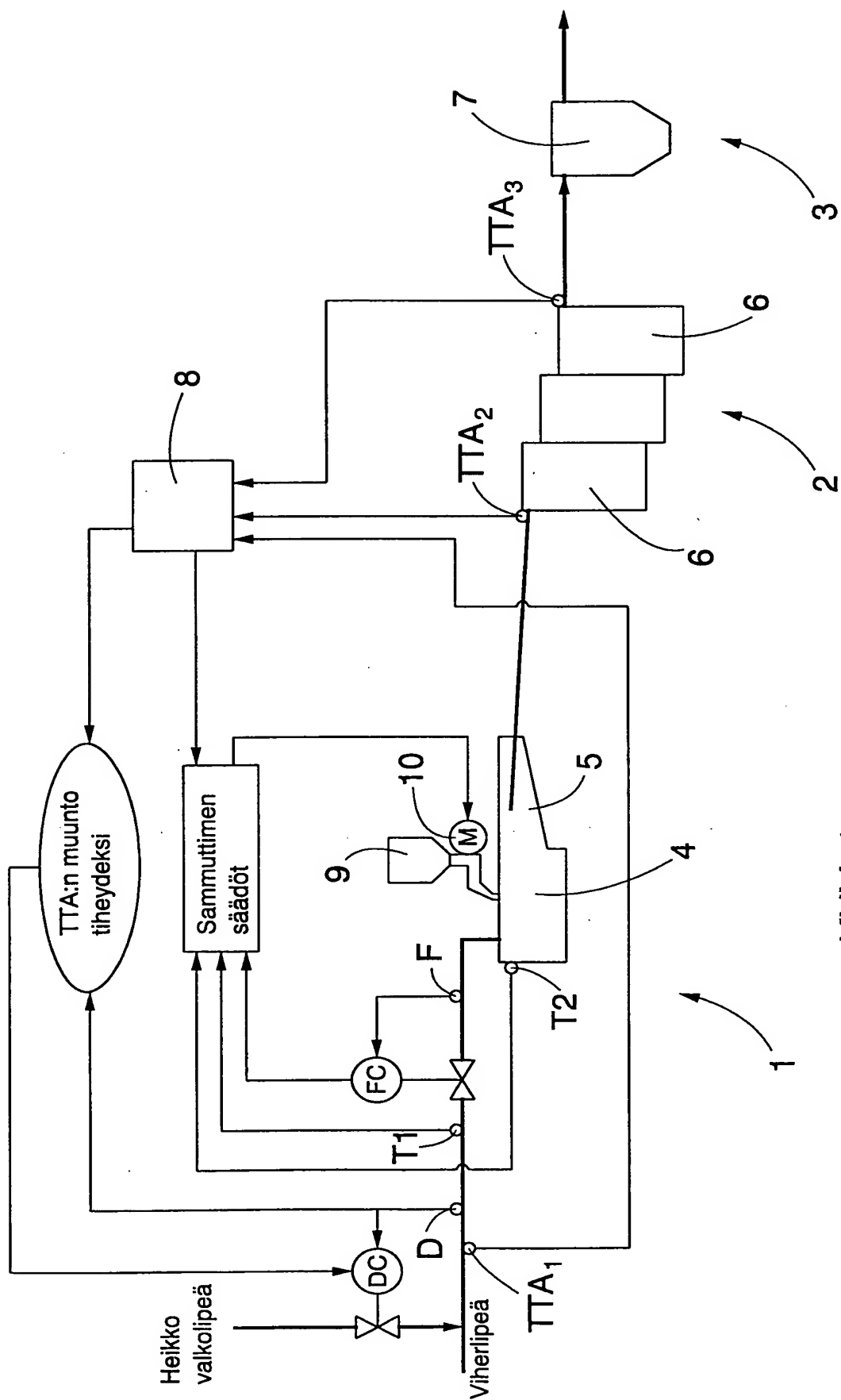
23. Patenttivaatimuksen 22 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että kerroin (kk) on vakiokulmakerroin, jonka arvo on välillä 0,9 - 1,4 silloin kuin TTA:lla ja tiheydellä (D) käytetään samaa yksikköä.

(57) Tiivistelmä

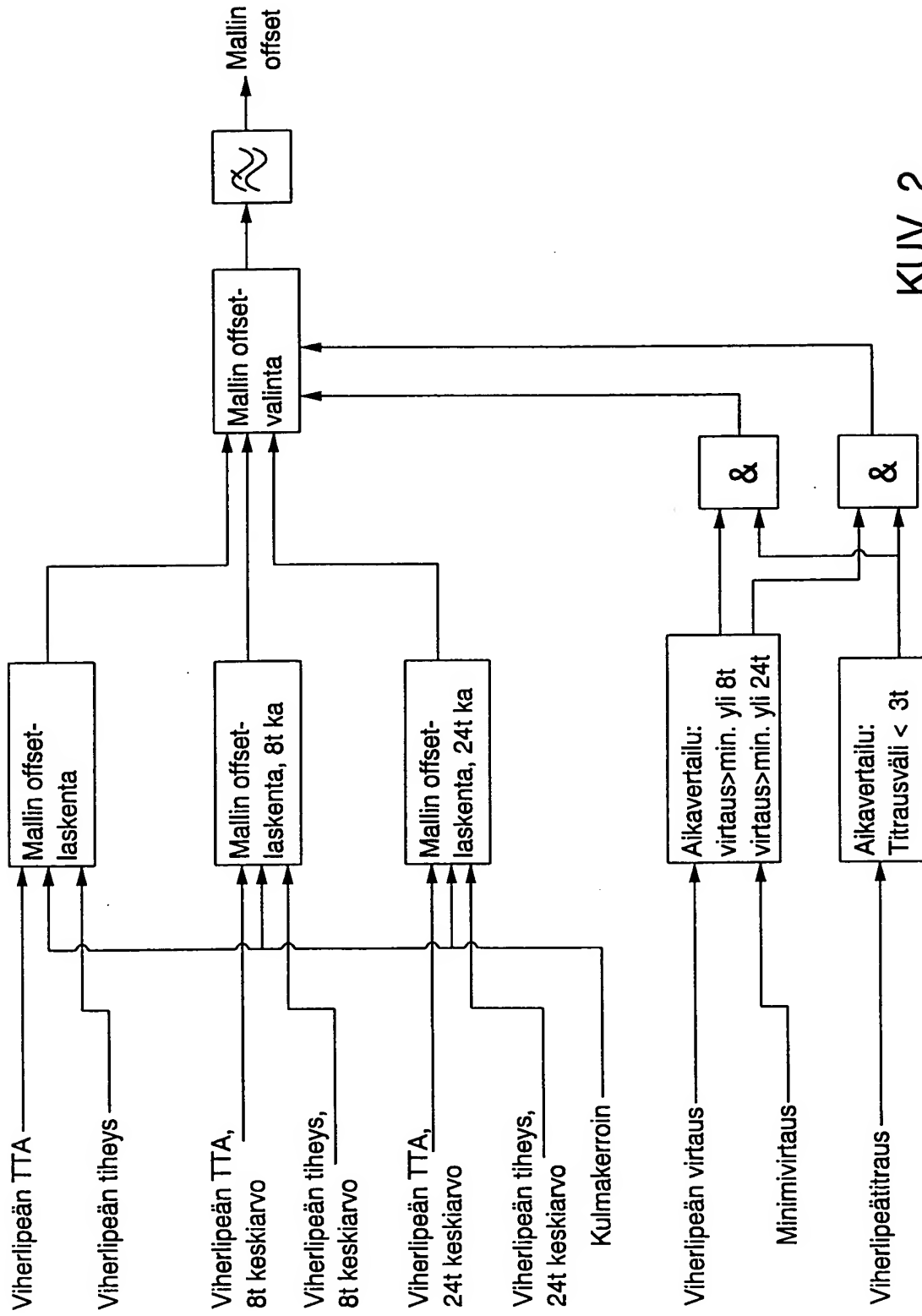
Menetelmä ja laitteisto kaustisointiprosessin säätämiseksi, johon kaustisointiprosessiin kuuluu sammutus (1) kaustisointi (2) ja valkolipeän valmistus (3). Sammutuksessa (1) käytetään sammutinta (4), johon johdetaan viherlipeää ja kalkkia siten, että niistä muodostuu kalkkimaitoa. Kaustisointiprosessia säädetään siten, että säädettäessä hyödynnetään kaustisointiprosessin ainakin jotain osaa kuvaavaa mallia.

(kuvio 1)

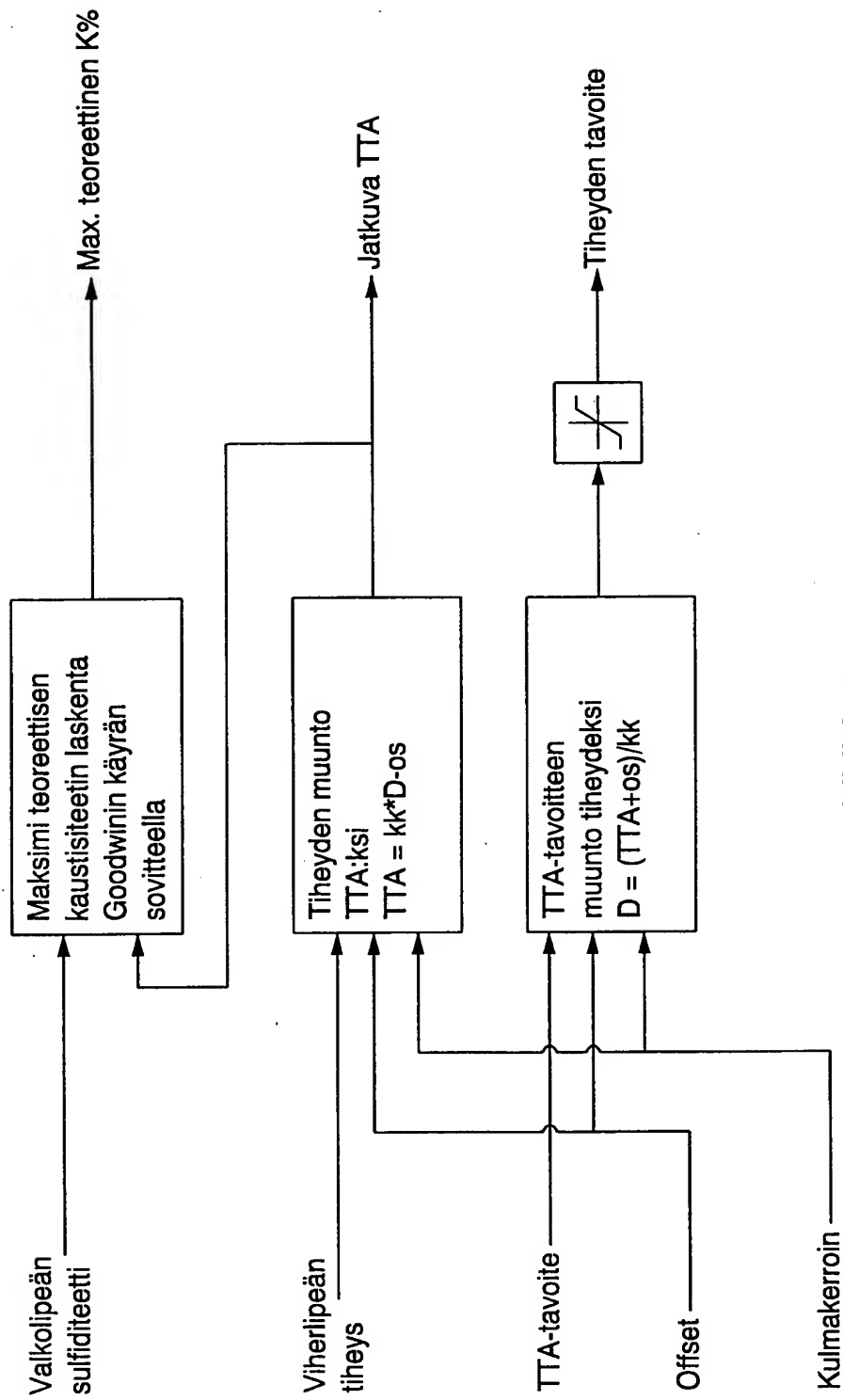




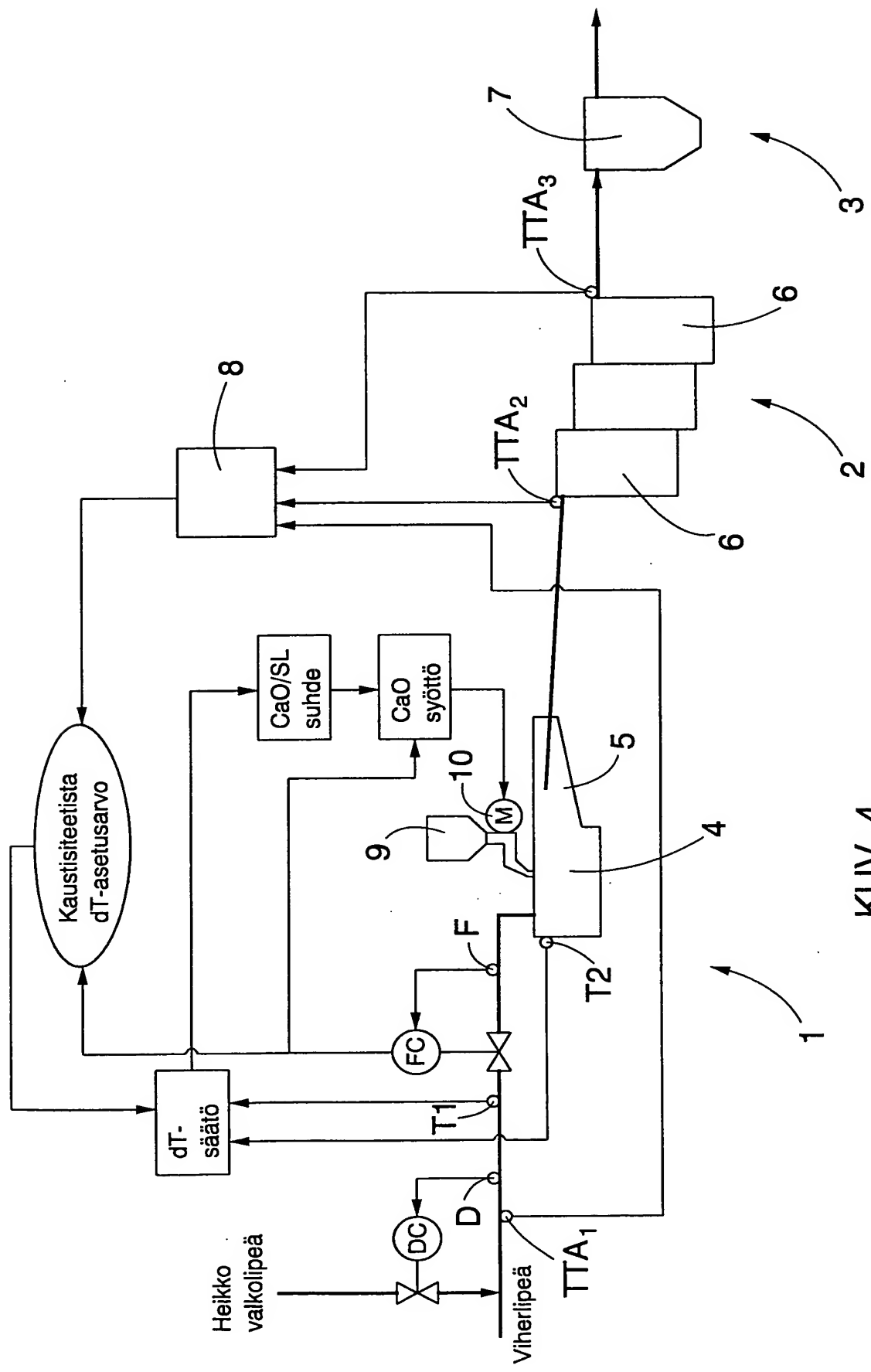
KUV. 1



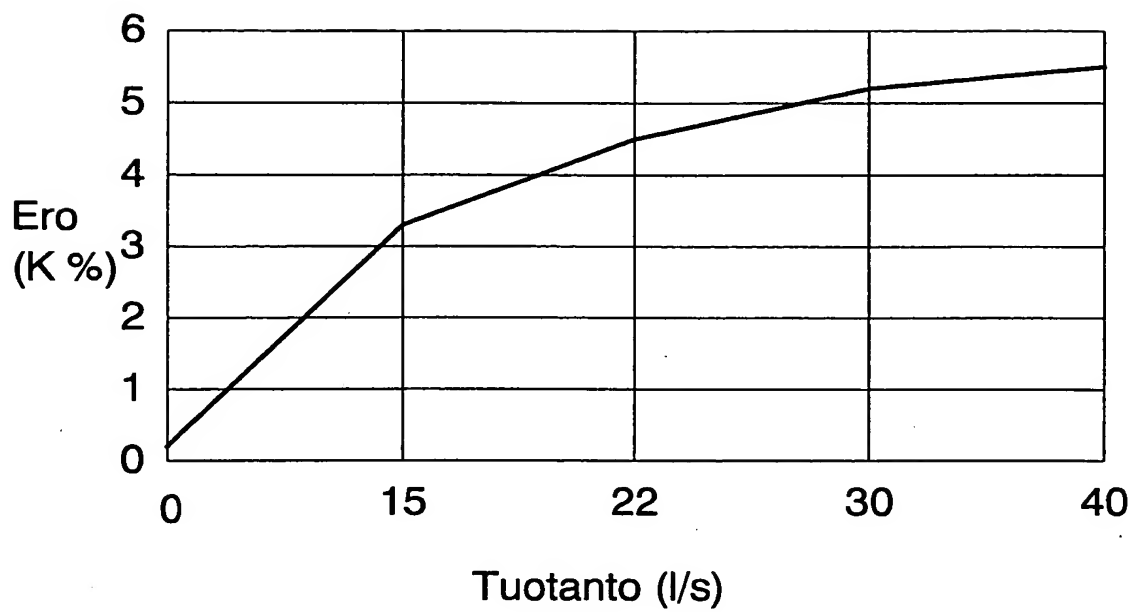
KUV. 2



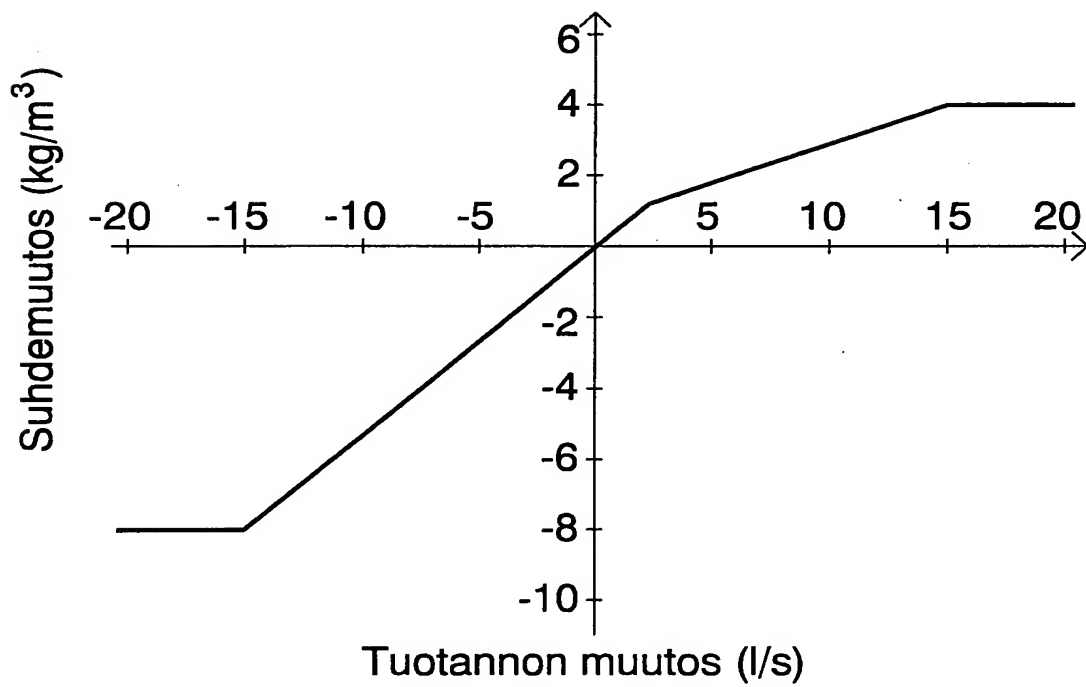
KUV. 3



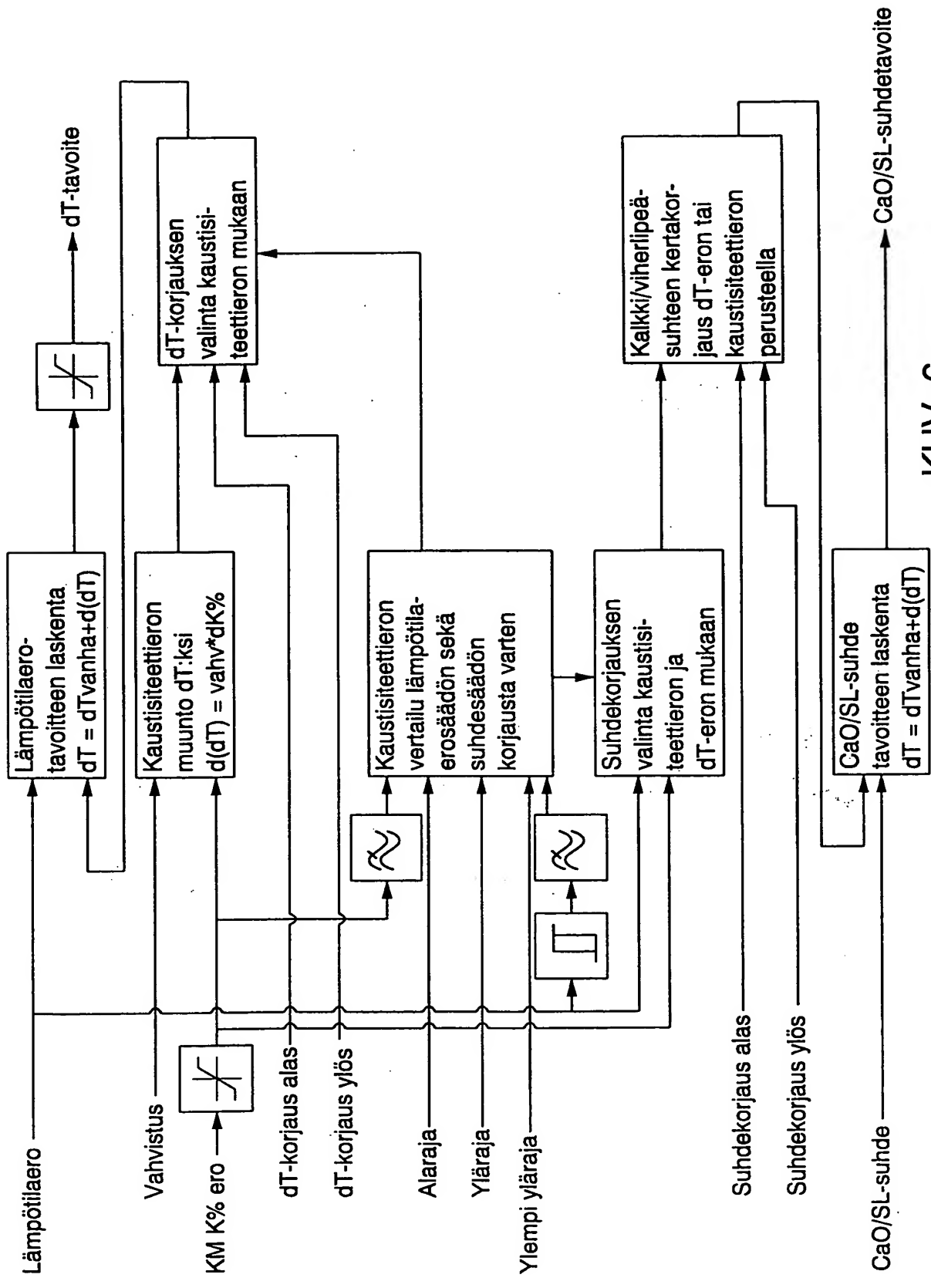
KUV. 4



KUV. 5



KUV. 7



KUV. 6